



Chemické zloženie podzemných vôd a úmrtnosť na kardiovaskulárne ochorenia

¹S. Rapant, ¹V. Cvečková, ²Z. Dietzová, ¹K. Fajčíková, ³D. Sedláková, ⁴B. Stehlíková

¹ Štátny geologický ústav Dionýza Štúra, Mlynská dolina 1, Bratislava, stanislav.rapant@geology.sk

² Regionálny úrad verejného zdravotníctva, Ipeľská 1, Košice

³ Kancelária WHO na Slovensku, Limbová 2, Bratislava

⁴ PEVŠ, Tomášikova 150/20, Bratislava,



GEOHEALTH

*The impact of geological environment
on health status of residents
of the Slovak Republic.*



Životné podmienky a zdravie, Nový Smokovec, september, 2014



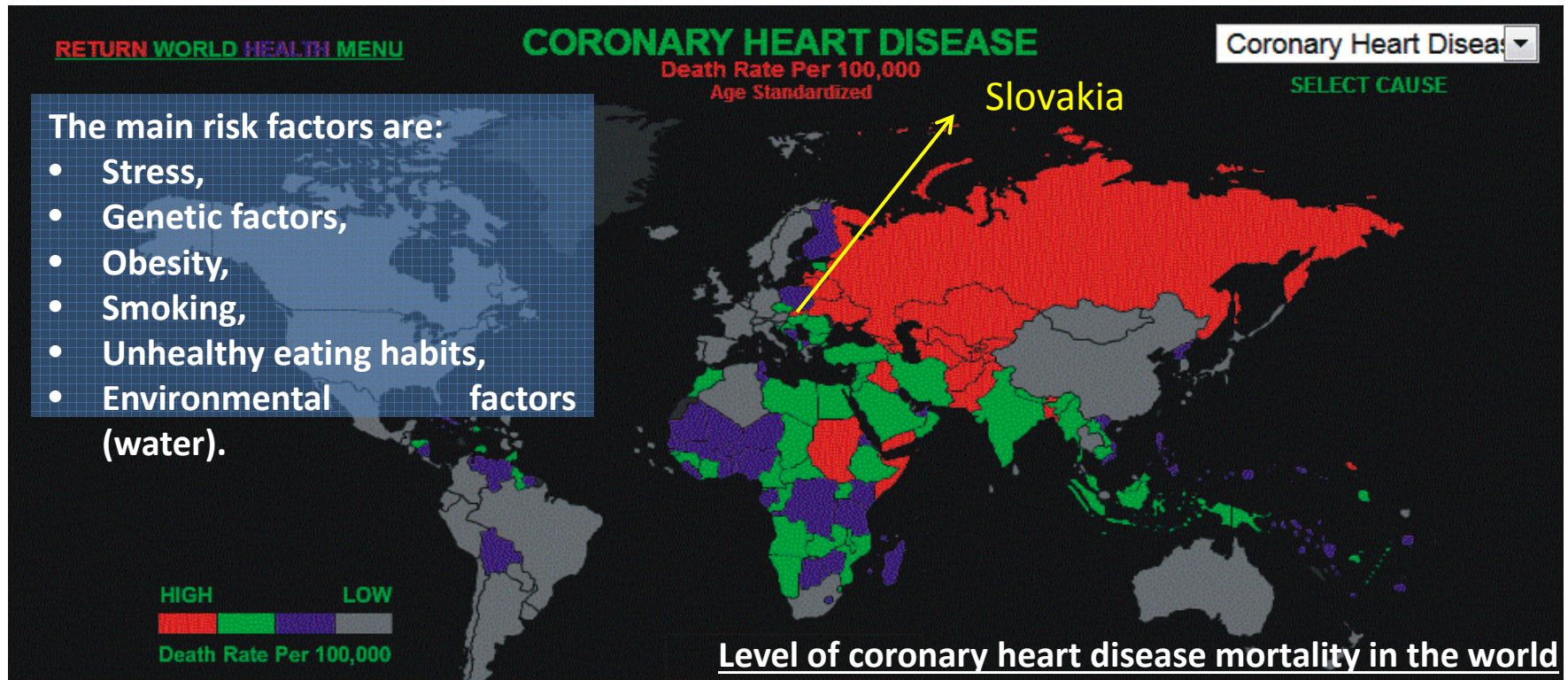
Východiská práce

Celoslovenský projekt medicínskej geológie na Slovensku:

- ✓ Environmentálne a zdravotné indikátory Slovenskej republiky (Rapant et al., 2010) a projekt GEOHEALTH (www.geology.sk/geohealth) boli podkladom pre zostavenie a spracovanie celoslovenských databáz
- ✓ Environmentálne indikátory:
 - podzemné vody (20 339)
 - pôdy (10 738)
- ✓ Zdravotné indikátory: ukazovatele demografického vývoja a zdravotného stavu obyvateľstva (10 ročné priemery, 1994-2003); vybratých a zostavených 43 zdravotných indikátorov, ktoré môžu byť potenciálne najviac ovplyvnené životným prostredím
- ✓ Každú z 2883 obcí SR máme v numerickej aj mapovej forme ocharakterizovanú priemernou hodnotou environmentálneho a zdravotného indikátora
- ✓ Zostavené databázy EI a ZI nám umožňujú hľadať:
 - vzťahy medzi chemickým zložením vôd, pôd a jednotlivými zdravotnými indikátormi
 - odozvu životného prostredia v zdraví ľudí



Kardiovaskulárne ochorenia sú jednou z najčastejších príčin úmrtí v mnohých krajinách sveta



<http://www.worldlifeexpectancy.com> (WHO data)

Kardiovaskulárne ochorenia sú najčastejšou príčinou úmrtí na Slovensku, reprezentujú približne 50 % úmrtí (NCZI, 2012; OECD, 2013)



Ciel' práce

V predkladanej práci hodnotíme vplyv chemického zloženia podzemných/pitných vôd na relatívnu úmrtnosť na kardiovaskulárne ochorenia (Rel)

zistiť, ktoré prvky/zložky v podzemných/pitných vodách majú najväčší vplyv na relatívnu úmrtnosť na kardiovaskulárne ochorenia

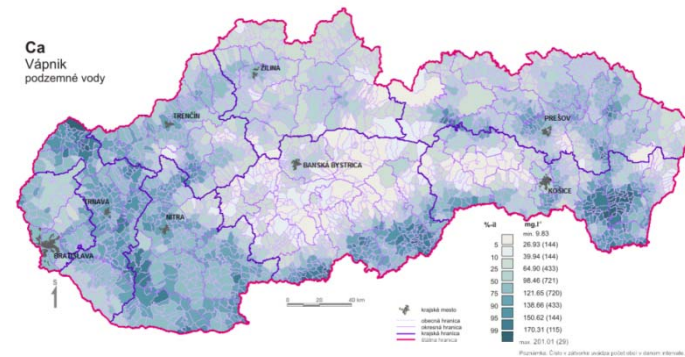
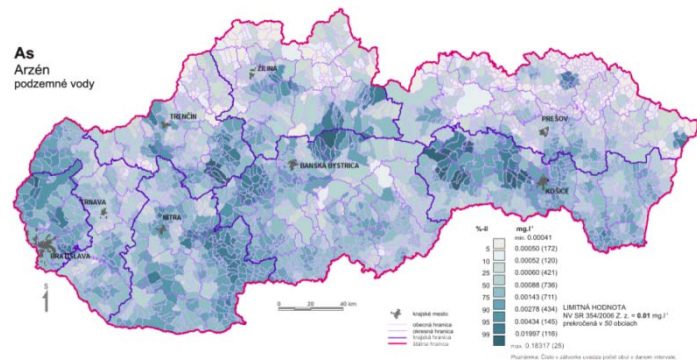
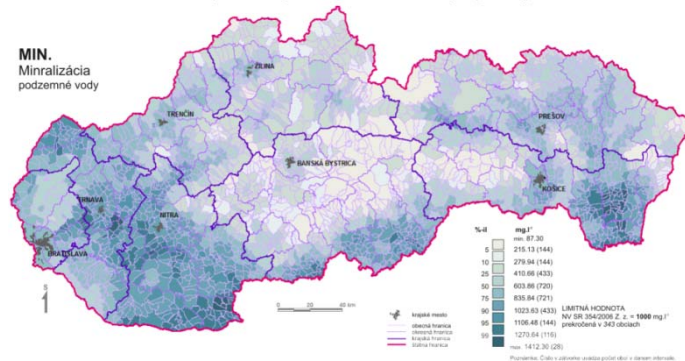
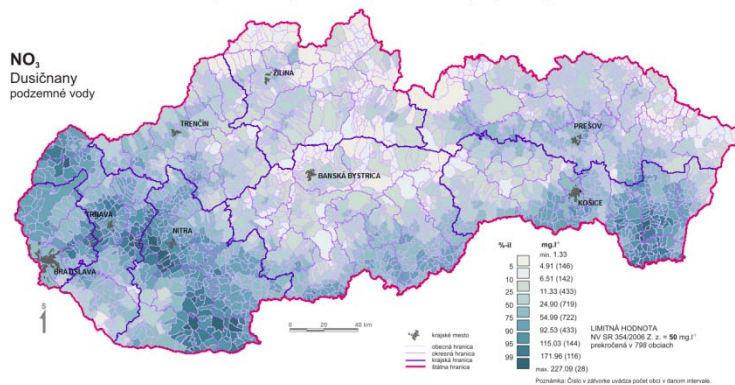
stanoviť limitné hodnoty pre vplyvné prvky (maximálne prípustné, minimálne potrebné), pri ktorých je úmrtnosť na kardiovaskulárne ochorenia čo najnižšia



Materiál

Chemické zloženie podzemných vôd (34 parametrov chemického zloženia vôd):

pH, MIN., ChSK_{Mn}, Ca+Mg, Li, Na, K, Ca, Mg, Sr, Fe, Mn, NH₄, F, Cl, SO₄, NO₂, NO₃, PO₄, HCO₃, SiO₂, Cr, Cu, Zn, As, Cd, Se, Pb, Hg, Ba, Al, Sb, Rn²²², Ra²²⁶

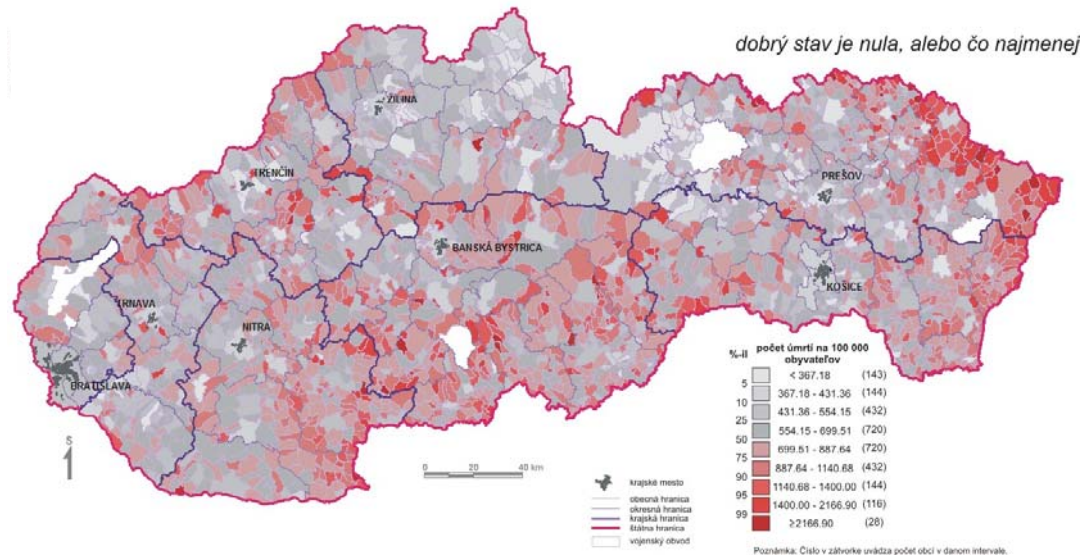


Životné podmienky a zdravie, Nový Smokovec, september, 2014



Materiál

Relatívna úmrtnosť na kardiovaskulárne ochorenia, Rel



$$Rel = \frac{\text{počet úmrtí na choroby obehovej sústavy}}{\text{počet obyvateľov (osoboroky)}} \cdot 100\,000$$

V zmysle medicínskej klasifikácie chorôb (ICD, 10th revision) kardiovaskulárne ochorenia zahŕňajú choroby obehového systému, diagnózy I.00-I.99, hypertenziu, infarkty, porážky ...



ZDROJ DÁT

Štatistický úrad Slovenskej republiky

HODNOTENÉ OBDOBIE

1994-2003 (údaje predstavujú priemery za 10 rokov pre všetky obce SR)

priemerná hodnota **Rel**

pre 2883 obcí SR za uvedené obdobie je **765**

Životné podmienky a zdravie, Nový Smokovec, september, 2014



Metódy spracovania

Vzťah medzi chemickým zložením **podzemných/pitných vôd** a **Rel**
bol sledovaný pomocou

UMELEJ INTELIGENCIE

ANN – ARTIFICIAL NEURAL NETWORK
(umelé neurónové siete)



DÔVODY

- Naše dáta nemajú normálne rozdelenie
- Majú všetky náležitosti bežného života
- Často sú chybové, niekedy neúplné
- Nemôžeme predpokladať existenciu funkčného vzťahu medzi nimi
- Použitie klasickej regresnej analýzy (lineárny a spearmanov korelačný koeficient) by mohlo viesť k nesprávnym záverom
- Pomocou ANN dokážeme určiť poradie vplyvu jednotlivých chemických prvkov vo vode na Rel
- Pomocou ANN dokážeme odvodiť limitné hodnoty (minimálne potrebné aj maximálne prípustné) jednotlivých chemických prvkov z hľadiska Rel
- Spoľahlivosť ANN sietí udáva korelačný koeficient
- Štatistickú významnosť ANN udáva koeficient determinácie R^2
- Mieru vplyvu chemických prvkov na Rel udáva koeficient citlivosti (senzitivity rate) S_r , vplyvné prvky $S_r > 1$, nevplyvné prvky $S_r < 1$



Neurónové siete sú jedna z techník dáta miningu.

Metodika je veľmi zložitá, je z kategórie umelej inteligencie.

Stručne povedané – hľadajú sa najvýznamnejšie väzby medzi Rel a jednotlivými prvkami (parametrami chemického zloženia podzemných vôd).

Každá nasledujúca neurónová sieť je lepšia ako predošlá, pretože sa z predchádzajúcich niečo naučila „natrénovala“.

Správnym výsledkom však nemusí byť posledná sieť, ktorá je technicky najpokročilejšia (najvyšší korelačný koeficient), ale aj niektorá z predošlých.

My používame mediánové hodnoty zo 100 vypočítaných sietí.



VÝSLEDKY

Výsledky výpočtov ANN pre 10 najvplyvnejších prvkov vo vode na Rel

Poradie	Prvok	S_r	R^2	Limitný obsah	Optimálny obsah	Hodnotenie funkcie závislosti
1	Ca+Mg	1,37	0,992	2,9–9,1	4,4–7,6	konvexná parabola
2	Ca	1,211	0,999	menej ako 89,4	neexistuje	konvexná parabola
3	Mg	1,15	0,986	24,3–95,8	42,0–78,1	konvexná parabola
4	MIN	1,053	0,960	553,1–1263,2	629,4–1186,8	konvexná parabola
5	Cl	1,027	0,988	menej ako 31,8	neexistuje	konvexná parabola
6	HCO ₃	1,026	0,979	menej ako 241,9	326,1–567,9	konvexná parabola
7	SO ₄	1,009	0,961	menej ako 73,3	neexistuje	priamka s negatívnou smernicou
8	NO ₃	1,004	0,939	menej ako 37,6	neexistuje	priamka s negatívnou smernicou
9	SiO ₂	1,003	0,999	viac ako 18,2	neexistuje	konkávna parabola
10	PO ₄	1,002	0,919	viac ako 0,2	neexistuje	konkávna parabola



VÝSLEDKY

VPLYVNÉ PRVKY ($S_r > 1$) ešte:

Na, F, K, pH, Ba, Mn, Rn²²², Ra²²⁶, Zn, Cu, NO₃, Sb, Fe, ChSK_{Mn}, As, NH₄, Hg,

NEVPLYVNÉ PRVKY ($S_r < 1$):

Cr, Cd, Al, Se, Pb

NAJVPLYVNEJŠIE PRVKY ($S_r > 1,1$):

Ca+Mg, Ca, Mg

VPLYVNÉ PRVKY ($S_r > 1,01$):

MIN, Cl, HCO₃

MÁLO VPLYVNÉ PRVKY ($S_r < 1,01$):

SO₄, NO₃, SiO₂, PO₄

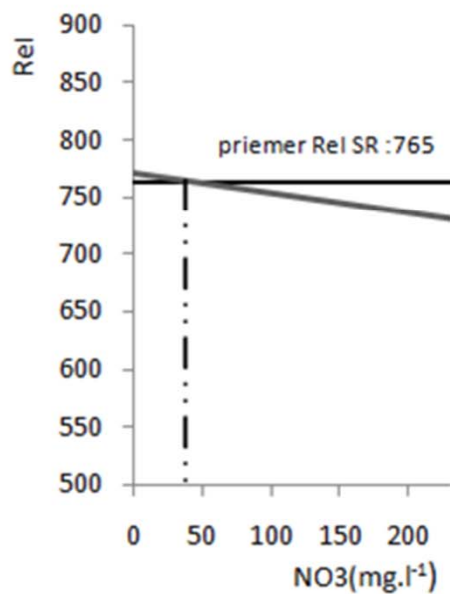
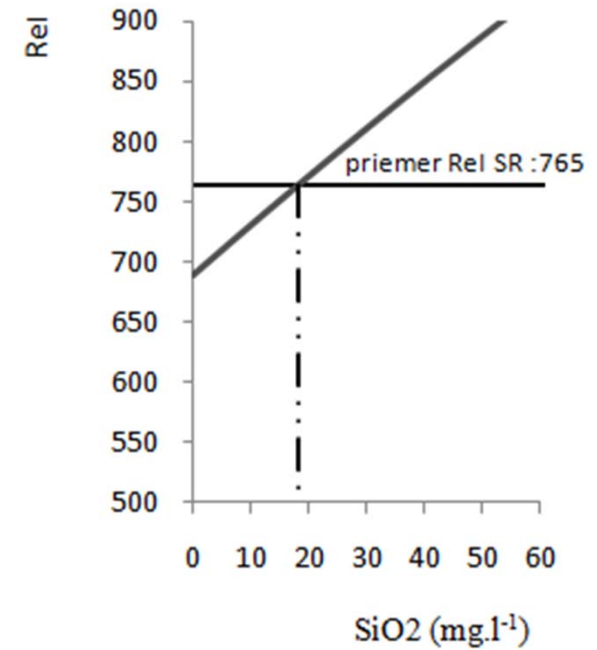
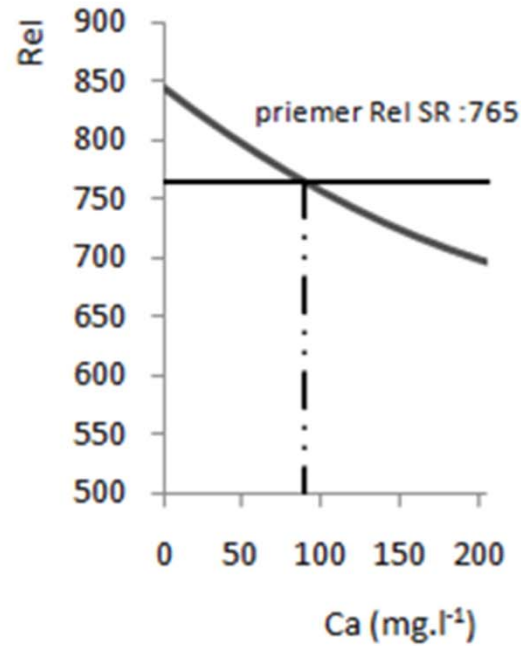
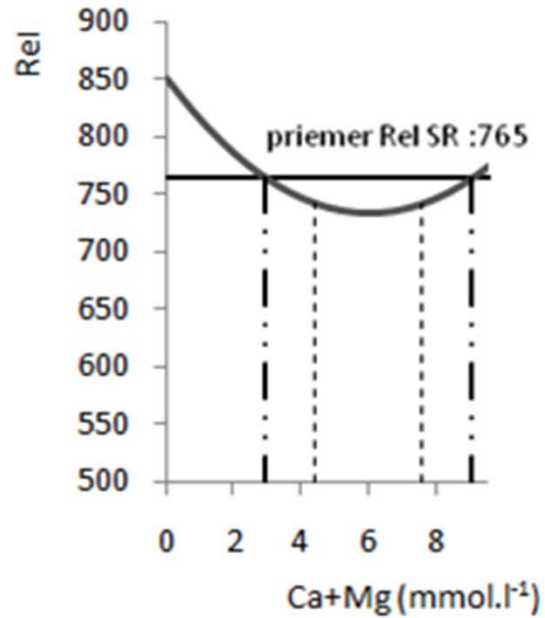


Spôsob odvodenia limitných hodnôt

- závislosť medzi vypočítanými hodnotami Rel a koncentráciou chemických prvkov namodelovaná pomocou ANN
- priemerná hodnota Rel pre 2883 obcí SR je **765**



Spôsob odvodenia limitných hodnôt



Závislosť medzi vypočítanými hodnotami Rel a koncentráciou chemických prvkov.

Priemerná hodnota Rel pre 2883 obcí SR je 765.

DISKUSIA

Ľubovoľné matematicko-štatistické spracovanie rôznych premenných poskytuje rôzne závislosti, korelačné koeficienty

KAUZÁLNE verzus STOCHASTICKÉ

Chemické prvky z hľadiska ich možného vplyvu na zdravie ľudí boli (Rapant et al., 2009, 2013) rozdelené do skupín:



- 1) Kauzálne: vplyv na ľudské zdravie potvrdený mnohými prípadovými štúdiami, štatisticky potvrdená závislosť
- 2) Indikatívne: nepotvrdený vplyv na ľudské zdravie, štatistická závislosť je vďaka geochemickej príbuznosti s kauzálnymi prvkami, doprevádzajú ich, pravdepodobne nemajú zdravotné účinky
- 3) Stochastické: vykazujú len štatistickú závislosť, zdravotné účinky sú nepravdepodobné
- 4) Bez zdravotných účinkov: bez zdravotných účinkov a bez štatisticky potvrdenej závislosti, hlavne chemické prvky v nízkych koncentráciách bez zdravotného účinku



DISKUSIA

Poradie	Prvok	S_r	R^2	Limitný obsah	Optimálny obsah	Hodnotenie funkcie závislosti
1	Ca+Mg	1,37	0,992	2,9–9,1	4,4–7,6	konvexná parabola
2	Ca	1,211	0,999	menej ako 89,4	neexistuje	konvexná parabola
3	Mg	1,15	0,986	24,3–95,8	42,0–78,1	konvexná parabola
4	MIN	1,053	0,960	553,1–1263,2	629,4–1186,8	konvexná parabola
5	Cl	1,027	0,988	menej ako 31,8	neexistuje	konvexná parabola
6	HCO ₃	1,026	0,979	menej ako 241,9	326,1–567,9	konvexná parabola
7	SO ₄	1,009	0,961	menej ako 73,3	neexistuje	priamka s negatívnou smernicou
8	NO ₃	1,004	0,939	menej ako 37,6	neexistuje	priamka s negatívnou smernicou
9	SiO ₂	1,003	0,999	viac ako 18,2	neexistuje	konkávna parabola
10	PO ₄	1,002	0,919	viac ako 0,2	neexistuje	konkávna parabola

Kauzálné: Ca, Mg, Ca+Mg

Indikatívne: HCO₃, MIN, SiO₂

Stochastické: Cl, SO₄, NO₃, PO₄

Bez zdravotných účinkov: všetky ostatné, hlavne potenciálne toxické prvky



Ca, Mg, Ca+Mg

TVRDÁ VODA – MÄKKÉ CIEVY

MÄKKÁ VODA – TVRDÉ CIEVY

Tieto parametre vykazujú najvyššiu štatistickú závislosť – o 1 až 2 rády vyššiu ako všetky ostatné. Rozhodujúcou mierou vplývajú na kardiovaskulárne ochorenia na Slovensku.

HCO₃

Anión HCO₃ je v podzemných/pitných vodách SR najzastúpenejší, jeho obsah je spätý hlavne s obsahom Ca, Mg (hlavný mineralizačný proces – rozpúšťanie karbonátov).



Mineralizácia

Hodnoty mineralizácie sú závislé najmä od obsahu Ca, Mg a HCO_3 , ktoré sú dominantnou zložkou chemického zloženia podzemných vôd SR

SiO_2

Klasický príklad indikatívneho prvku. Vyššie obsahy SiO_2 sú v silikátogénnych podzemných vodách (vulkanity, granity, kryštalické bridlice), ktoré sa vyznačujú najnižšími obsahmi Ca, Mg. Kde je vo vodách veľa SiO_2 je málo Ca, Mg.



Cl, SO₄, NO₃, PO₄

Klasické indikátory antropogénnej kontaminácie podzemných vôd. Vo všetkých prípadoch, čím sú obsahy týchto prvkov vyššie tým je hodnota Rel nižšia. Tieto aniónové kontaminanty sú však doprevádzané kationmi, hlavne Ca a Mg, ktoré pôsobia priaznivo. Nami odvodené limitné hodnoty sú výrazne nižšie ako limit pre pitnú vodu (NO₃ – 37 mg.l⁻¹, SO₄ – 73 mg.l⁻¹, Cl – 32 mg.l⁻¹). Aj s ohľadom na 1–2 rády nižšiu citlivosť tieto prvky považujeme len za stochastické a nie kauzálne. Hodnotíme však celé Slovensko a nespochybňujeme ich zdravotné účinky v lokálnych vodných zdrojoch pri vysokých koncentráciách.



Z nami hodnotenej relatívne širokej škály 34 chemických prvkov v podzemných/pitných vodách Slovenska majú určujúci vplyv na výskyt kardiovaskulárnych ochorení obsahy Ca, Mg a Ca+Mg.

porovnanie nami odvodených limitov so slovenskou normou pre pitnú vodu
(Nariadenie vlády SR 496/2010 Z. z.)

prvok	PITNÁ VODA štandard*	Limitná hodnota	Optimálna hodnota
Ca+Mg (mmól.l ⁻¹)	1,1 – 5,0	2,9 – 9,1	4,4 – 7,6
Ca (mg.l ⁻¹)	viac ako 30	viac ako 89,4	-
Mg (mg.l ⁻¹)	10 - 30	24,3 – 95,8	42 – 78,1

*496/2010



ZÁVER

- ✓ Z 34 analyzovaných a hodnotených parametrov podzemných/pitných vôd majú rozhodujúci vplyv na úmrtnosť na kardiovaskulárne ochorenia obsahy Ca, Mg a Ca+Mg
- ✓ Nami odvodené limitné hodnoty až 1 až 3 krát vyššie ako stanovenie NV SR 496/2010 Z. z. (pitná voda) a preto ich odporúčame zvýšiť
- ✓ Definitívne limitné hodnoty budú spracované až po komplexnom spracovaní chemického zloženia podzemných vôd voči širokej škále zdravotných indikátorov,, hlavne onkologické ochorenia, tráviaca sústava, dýchacia sústava, žľazy s vnútorným vylučovaním
- ✓ V mnohých materiáloch WHO sa upozorňuje na význam Ca, Mg a tvrdosti vody. WHO však tieto parametre nelimituje.
- ✓ Ca a Mg sú podľa našich predbežných výsledkov (doposiaľ nezverejnených) veľmi dôležité aj pre úmrtnosť na onkologické ochorenia
- ✓ Komplexný materiál k uvedenej problematike je dostupný na internetovej stránke www.geology.sk/geohealth/vysledky/ciastkove výsledky



Ďakujem za pozornosť

Príspevok je vypracovaný v rámci projektov GEOHEALTH



LIFE FOR KRUPINA



POĎAKOVANIE

Projekt je podporovaný z finančného nástroja LIFE+ a z príspevku MŽP SR



Životné podmienky a zdravie, Nový Smokovec, september, 2014

